DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Sechster Jahrgang. 2. August 1918. Heft 31.

Lynkeus als Ingenieur und Naturwissenschaftler.

Von Prof. Th. v. Kármán, Aachen.

Der Ingenieur und Schriftsteller *Joseph Popper* — in weiteren Kreisen meist unter dem Pseudonym *Lynkeus* bekannt —, der in diesem Frühjahr von seinen zahlreichen Verehrern umgeben in Hietzing bei Wien den achtzigsten Geburtstag beging, vereinigt in sich seltene Gaben für zwei Berufe, die nach den landläufigen Begriffen einander ziemlich ferne liegen. Im Grunde genommen sind jedoch *Dichtkunst* und *Technik* oder Ingenieurkunst — wie man sie früher mit Vorliebe nannte — gar nicht so wesensfremd, wie man im ersten Augenblick denken würde. Die schöpferische Tätigkeit auf beiden Gebieten ist vor allem beseelt durch dieselbe Gabe der menschlichen Psyche, durch die *Phantasie*, d. h. durch die Fähigkeit, aus bekannten Elementen das noch nicht Existierende, das Neuartige aufzubauen und — was in letzter Linie für den Erfolg auf beiden Gebieten nicht unwichtig ist — unseren Mitmenschen als Begreifliches, ja als Selbstverständliches vorzuzaubern.

Auch bei *Joseph Popper*, dessen Tätigkeit insbesondere auf dem Gebiete der technisch-wissenschaftlichen Forschung diese Zeilen gewidmet werden sollen, finden wir das Phantasievolle als Leitmotiv, welches durch sein ganzes Leben und durch all seine Werke zieht. Die liebliche Göttin, die den Auserwählten so viel irdische Not und Enttäuschung zu vergessen hilft, hat ihn bis ins Greisenalter begleitet, und es ist wohl kein Zufall, daß ihn in den letzten Jahrzehnten insbesonders jener Zweig der Technik, der augenblicklich die weitesten Möglichkeiten der Entwicklung zu bieten scheint, die *Luftfahrt*, gefesselt hat. Es ist jedoch eine Art nüchterne Phantasie, welcher wir bei ihm begegnen, oder — wie ich sie durch einen leichten Mißbrauch des Titels seines bekanntesten schriftstellerischen Werkes bezeichnen möchte — die „Phantasie eines Realisten", die stets durch Wissen und durch ein wohl entwickeltes technisches Gefühl im Zaume gehalten wird, die stets mit den Tatsachen rechnet und den Zwang der Naturgesetze, den Widerstand der feindseligen Materie wohlbeachtend, das Neue der Natur in heißem Ringen abgewinnt.

Ein zweites Moment, welches durch die gesamten Arbeiten *Poppers* sich hindurchzieht, und welches — wenn es auch oft nicht auf der Oberfläche erscheint — doch den meisten wahren Förderern der Technik innewohnt, ist das *ethische Moment*. Es kann nicht der Zweck dieser Zeilen sein, den Ethiker und Soziologen *Popper*[1]) dem Leser vorzuführen. Es sei nur erwähnt, daß sein Menschheitsideal in dem Satze gipfelt, daß das höchste Gut des Einzelnen in der individuellen *Freiheit*, in der Freiheit des Körpers und des Geistes besteht. Der Staat sei so aufzubauen, daß er jedem seiner Bürger die Grundbedingungen dieser Freiheit zu gewährleisten vermag. *Popper* hat ein Werk verfaßt, welches den Titel „Die allgemeine Nährpflicht, als Lösung der sozialen Frage" trägt und die Pflicht des Staates behandelt, seinen Bürgern das tägliche Brot zu sichern, gleichzeitig auch darlegt, wie der Staat durch Schaffung einer „Nährarmee" dieser Pflicht praktisch nachkommen könnte. Es ist klar, daß ein Mann von solcher Denkungsart nicht zu denjenigen gehören kann, die sich durch noch so gewaltige Fortschritte der Technik — wie er selbst in seiner Selbstbiographie sagt (erschienen in 1917, Leipzig, Verlag Unesma G. m. b. H.) — „so sehr hypnotisieren lassen, daß sie gar oft darüber den Menschen vergessen, ja sogar ihn absichtlich zurücksetzen."

Er fragt sich vielmehr, wenn irgendeine neue, selbst große technische Leistung, namentlich eine solche Erfindung auftaucht:

„Was wird nun eine Stunde nachher sein? Wie wird sich die Welt, das menschliche Leben dadurch ändern?"

Es ist wohl heute mehr als je begründet, sich darüber Gedanken zu machen, ob die gewaltigen Fortschritte der Technik wirklich stets zum Wohle der Menschheit dienen und gedient haben? Ein wahrer Freund der technischen Entwicklung mag sich höchstens mit dem Gedanken trösten, daß wir in diesem Augenblick wohl gezwungen sind, gerade auf technischem Gebiet die gewaltigsten Anstrengungen zur Erzeugung der Werkzeuge des Mordes aufzubieten, daß es aber schließlich doch zu dem Zwecke geschieht, die Grundbedingungen einer menschenfreundlicheren, produktiven technischen Tätigkeit für später sicherzustellen.

Am klarsten tritt *Poppers* Standpunkt gegenüber der Technik in seiner im Jahre 1886 veröffentlichten Schrift: „Die technischen Fortschritte nach ihrer ästhetischen und kulturellen

[1]) *Poppers* Hauptwerke auf diesem Gebiete sind: Das Recht zu leben und die Pflicht zu sterben (1878, Dresden, 3. Aufl. 1903). — Fundament eines neuen Staatsrechts (Dresden 1905). — Das Individuum und die Bewertung menschlicher Existenzen (Dresden 1910, unter dem Pseudonym Lynkeus). — Die allgemeine Nährpflicht, als Lösung der sozialen Frage (Dresden 1912).

Bedeutung" (1886 bei Carl Reißner, Dresden, 2. Auflage 1901) hervor.

Es spricht der Künstlergeist zu uns, wenn er „die Schönheit des Suchens nach der Wahrheit" oder den ästhetischen Genuß, den Neuerfindungen oder große technische Leistungen erwecken, erörtert. Der Verfasser protestiert gegen den Vorwurf, daß der modernen Generation der Idealismus fehle. „Genau das Umgekehrte ist richtig. Wie viele Tausende fanden und finden — so fragt *Popper* — ein sachliches und beinahe unerschöpfliches Interesse daran, daß es ermöglicht wurde, mittels eines unterseeischen Kabels zwischen Europa und Amerika zu korrespondieren — und was haben denn die meisten Menschen davon, daß man von Europa nach Amerika telegraphieren kann? Die reine Sache für sich ist es, ein ganz und gar abstraktes, sozusagen theoretisches, ästhetisches Vergnügen." „So ist es auch" — meint er weiter — „mit dem Interesse, das man dem Projekt der Luftschiffahrt entgegenbringt. Von Ausnahmen, z. B. den Kriegsverwaltungen abgesehen (man beachte, daß dies im Jahre 1901 geschrieben wurde), empfindet niemand eigentlich ein reales Bedürfnis danach, durch die Luft zu fliegen, die ganze Sehnsucht danach ist eine rein ästhetische, ebenso die Betrachtung der einzelnen kleinen Schritte der Flugtechniker, und niemand wird behaupten wollen, daß das Vergnügen und das Interesse an jedem Geschwindigkeitsgewinn, welcher bei einem Luftballon erreicht wird, darin seinen Grund hat, daß man dabei die Absicht im Sinne hat, selbst davon einen Gebrauch zu machen."

Ein weiteres zutreffendes Beispiel liefert der Bau von großen Tunnels oder Brücken, wobei die Frage, ob das Werk gelingen wird, viele Leute in Spannung hält, die nie einen Vorteil davon haben werden und gar nicht auf die Möglichkeit eines solchen Vorteils denken.

Die Abhandlung liefert gewissermaßen durch Analyse der durch die technischen Fortschritte erweckten Gefühle einen Beitrag zur Ästhetik, indem er das Kantsche Kriterium des Schönen, das „interesselose Wohlgefallen" auf die Freude anwendet, die wir bei Betrachtung technischer Leistungen, ganz unabhängig von einer Nutzanwendung, empfinden.

Im zweiten Teile des Aufsatzes tritt der Ethiker und Soziologe in den Vordergrund. Der Verfasser vertritt zunächst den Satz, daß technisches Talent genau so wie Künstlergenie keineswegs immer mit moralischer Tüchtigkeit beim Individuum, und technischer Fortschritt keineswegs mit ethischem Hochstand des betreffenden Gemeinwesens verbunden sind, daß sie vielmehr ziemlich selten zusammenfallen.

Für die Beurteilung, ob gewisse technische Fortschritte für Hebung des Kulturstandes nützlich sind oder nicht, dienen ihm folgende Merkmale der „wahren Kultur" als Maßstab:

1. Sicherung der Existenz jedes einzelnen Individuums.

2. Vorhandensein der Hilfsmittel und Einrichtungen, damit so viel als nur möglich jenes Behagen und Glück erreicht werde, das jeder Einzelne verlangt.

3. Nichtvorhandensein jener Faktoren, die den Einzelnen zwingen wollen, nicht nach seinem eigenen, sondern nach dem Ermessen anderer glücklich zu sein.

Nun werden die Erfindungen bezüglich ihrer Einwirkung auf das Leben der Menschen klassifiziert, und zwar in solche, die einer gewissen Anzahl von Menschen nützlich sind, ohne andern zu schaden und in solche, die einer gewissen Anzahl nützen, einer anderen Anzahl schaden. Die zweite Kategorie wird in zwei Unterklassen geteilt, je nachdem die Schädigung mit Absicht oder ohne Absicht zugefügt wird. In die erste Unterklasse werden die meisten industriellen Maschinen, in die zweite die gesamten Kriegsmittel eingereiht.

Das Ergebnis der ganzen Untersuchung faßt der Verfasser in der Feststellung zusammen, daß der Einfluß der technischen Fortschritte auf die allgemeine Kultur, d. i. auf die „Individualitätskultur", in vielen Beziehungen doch ein außerordentlich günstiger ist, und daß dieser günstige Einfluß im Laufe der Zeit durch außertechnische Fortschritte ein noch ungleich kräftigerer sein kann. Man soll eben den eventuellen schädlichen Einflüssen einer technischen Errungenschaft — wie er es an einer andern Stelle auseinandersetzt — nicht dadurch begegnen wollen, daß man den Fortschritt hemmt; man soll sie vielmehr durch passende sozialpolitische, richtiger sozialistische Institutionen unschädlich machen.

Poppers praktische Ingenieurtätigkeit bestand lediglich in Durchführung und Vertrieb zweier seiner Erfindungen: seiner Kesseleinlagen (eine mechanische Vorrichtung zur Verhütung von Kesselsteinanhäufungen mittels Verbesserung der Wasserzirkulation) und seines selbstventilierenden Gradierwerkes (Luftkühlapparat zur Rückkühlung des im Kondensator sich erwärmenden Kühlwassers).

Mit der ersten Erfindung trat er im Jahre 1867 hervor, nach langjährigen erfolglosen Bemühungen — trotz abgeschlossener Hochschulbildung — in irgend einem technischen Betriebe eine passende Stelle zu erlangen und nachdem er sich jahrelang durch eine „Hofmeisterstelle" erhalten hatte. So beschloß er — wie er in der bereits erwähnten Selbstbiographie erzählt — seine technischen Kenntnisse zu benutzen, sich durch eigene Erfindungen zu erhalten. Die erste Erfindung ging auch leidlich gut, die Kesseleinlagen, die auch in zahlreichen technischen Zeitschriften beschrieben worden sind, fanden ziemliche Verbreitung. *Popper* selbst sagt, er und sein Bruder, mit dem er die Erfindung gemeinsam betrieb, seien so ziemlich auf ihre Rechnung gekommen; da aber das durch die Erfindung hereingebrachte Vermögen doch nur gering war, so trat an ihn gar bald

wieder die Notwendigkeit heran, für Erwerb zu sorgen, „also wieder brauchbare Erfindungen zu machen".

Er versuchte zunächst mit einem „Luftkondensator", d. h. mit Abkühlung des Dampfes durch unmittelbare Berührung mit bewegter Luft (je eine größere Anlage wurde bei Siemens & Halske in Wien und im Prokopschacht des Silberbergwerkes in Pribram ausgeführt; der Luftkondensator erzeugte natürlich kein Vakuum, ermöglichte jedoch die Rückgewinnung des Wassers, was in wasserarmen Gegenden oder wo das Wasser zur Kesselspeisung sich nicht eignet, von Wert ist), ging aber später zu der Konstruktion eines Rückkühlers (Gradierwerk) über, wie dieser heute bei Anlagen, denen frisches Kühlwasser in begrenztem Maße zur Verfügung steht, allgemein Anwendung findet. Seine Konstruktion zeichnete sich dadurch aus, daß durch geschickte Ausnutzung der Strömung des vom Kondenswasser frei werdenden Dunstes und der warmen Luft der Kühlturm ohne Ventilator sich selbst ventilierte und man mit einer geringen Bodenfläche auskam.

Diese zweite Erfindung betrieb *Popper* bis zum Jahre 1897, als er infolge seines Gesundheitszustandes jede geschäftsmäßige, technische Beschäftigung aufgeben mußte.

Fünfundzwanzig der besten Jahre seines Lebens „verlor" er nach seinen eigenen Worten, die er mit Montierungen seiner beiden Erfindungen und Reisen verbrachte und die er gerne mehr geistigen Beschäftigungen, wissenschaftlichen und schriftstellerischen Arbeiten gewidmet hätte. So mußte er die vielen Reisen und die Aufenthalte in den Hotels benutzen, philosophische, sozialistische und etwas schöngeistige Werke zu lesen und „auch selbst zu skizzieren".

Ob diese „Skizzen" — die „Phantasien eines Realisten" sind während dieser Zeit entstanden — auch gleich ausgefallen wären, wenn ihr Verfasser stets pekuniär so gesichert gewesen wäre, daß er ohne Zeitverlust rein geistige Ziele hätte verfolgen können?

Es gehört dies wohl zu jenen müßigen Fragen, welche man nicht entscheiden kann.

Schon während seiner praktischen Tätigkeit hat *Popper* an Problemen der wissenschaftlichen Forschung lebhaften Anteil genommen, namentlich auf den Gebieten der *Elektrotechnik* und der *Luftfahrt*[1]).

In den achtziger Jahren widmete er sich nebst seinem Kondensator insbesondere den Problemen der Elektrotechnik, die ihm eine vorzügliche Darstellung der „Physikalischen Grundsätze der elektrischen Kraftübertragung" (Wien, bei Hartleben 1884) und eine Reihe wertvoller Aufsätze in der Zeitschrift für Elektrotechnik verdankt.

Sein Interesse für die Elektrotechnik datiert jedoch von viel früheren Zeiten. Im Jahre 1882, als man in München die von *Marcel Deprez* anläßlich der elektrischen Ausstellung aufgestellte erste Fernleitungsanlage bewunderte, ließ er eine versiegelte Schrift öffnen, in der er im Jahre 1862 die Idee der elektrischen Kraftübertragung und der Organisation der elektrischen Energieverteilung als erster dargelegt hat und die er, nachdem er bei Wiener Professoren und Wiener Mechanikern ohne Erfolg versucht hat, die materiellen Mittel zu einem Demonstrationsversuch zu erlangen, zur Wahrung der Priorität bei der kaiserlichen Akademie in Wien deponierte[1]).

Es ist hochinteressant, das kleine Schriftchen zu lesen:

„Naturmotoren, wie Ebbe und Flut, heftige Winde in den öden Gegenden, Wasserfälle in den Tiefen der Gebirge usw. können auf diese Weise aus fernen Orten in die Gebiete der Zivilisation, in die Umgebung der passenden, zugehörigen Nebenumstände geleitet werden, die Kraft eines fließenden Wassers und überhaupt jeder vielleicht tatsächlich verwertete Motor kann den für den industriellen, nationalökonomischen Zweck entsprechenderen Bedingungen zugeführt, also in seinem Werte vervielfacht werden. In kurzem, jedes industrielle oder ähnliche Unternehmen könnte in Zukunft auf ein ungefähres Maximum der Verwertung, Rentabilität gebracht werden."

„Unsere technisch-chemischen Prozesse können daher durch mechanische hervorgebracht werden, auf direktem und indirektem Wege, unter vollständiger oder teilweiser Benützung der Umwandlung."

„Dies alles ist aber zu bewerkstelligen, wenn der Motor, z. B. der Wasserfall, eine passend aufgestellte magnetelektrische Maschine bewegt, der hierdurch entstehende galvanische Strom in einer Art Telegraphenleitung über Berg und Tal geleitet und am gewünschten Orte mittels einer elektromagnetischen Maschine zu mechanischer und unmittelbar zu chemischer Arbeit — also zur Elektrolyse im großen — verwendet wird."

Naturgemäß erscheint das Problematische — wie die Ausnützung der Ebbe und Flut, die Ausnützung der Winde und der „Luftströmungen aus Schornsteinen" zur Erzeugung elektrischer Energie — mit dem Realisierbaren und heute bereits Realisierten gemischt. Andererseits muß man das Klarsehen bewundern, wenn *Popper* in jener Zeit geschrieben hat:

„Man sieht sogleich ein, daß in kleinen wie größeren Städten die Kraft zentralisiert und durch Leitungen an die Einzelnen — Industrielle und

[1]) Ein Verzeichnis sämtlicher wissenschaftlichen Arbeiten *Poppers* enthält seine Selbstbiographie. Er hat zunächst einige rein mathematische Arbeiten veröffentlicht. Außerdem enthält das Verzeichnis einige rein physikalische Arbeiten (z. B. Berechnung der Verbrennungswärme beim Knallgas auf energetischer Grundlage), eine Reihe von maschinentechnischen Aufsätzen, insbesondere über das Gebiet seiner praktischen Tätigkeit, ferner elektrotechnische und flugtechnische Abhandlungen.

[1]) Abgedruckt als Anhang in den „Physikalischen Grundsätzen", ferner in der „Selbstbiographie".

Gewerbsleute — ähnlich der Überlassung des Leuchtgases übergeben werden kann."

Zwanzig Jahre später sind die Männer, die diese Ideen realisiert haben, zu großem Ruhm und Reichtum gelangt.

„Dennoch legt der Verfasser" — nach seinen eigenen Worten anläßlich der Öffnung jenes versiegelten Briefes — „nur einen geringen Wert auf die Priorität und er will die Verdienste solcher Männer, wie *Werner Siemens, Marcel Deprez* u. a., auch nicht im geringsten für kleiner angesehen wissen oder sein eigenes Verdienst den ihrigen in die Nähe stellen, aber ganz ausgelöscht möchte er doch die Tatsache selbst nicht gerne sehen; um so weniger, als ihm die Hervorhebung der sozialökonomischen, ethischen Tendenz, die in dem betreffenden Aufsatze zum Vorschein kommt, die eigentliche und Hauptbefriedigung gewährt."

In der Tat schreibt er in dem kleinen Aufsatze „Ich mag keine längere Auseinandersetzung geben, glaube jedoch annehmen zu können, daß vielen heute noch vom Pauperismus heimgesuchten Gegenden hierdurch Hilfe geleistet und auch anderseits das soziale Leben im allgemeinen angenehmer und veredelter gestaltet werden könnte."

„Die physikalischen Grundsätze der elektrischen Kraftübertragung" geben zunächst die Grundlagen einer allgemeinen Energetik, etwa in der Form, wie sie später von *Helm* und *Ostwald* ausgeführt worden ist. Das Wesentliche in diesen Ausführungen ist die Zerlegung der Arbeitsgrößen, d. h. der Energiedifferenz in zwei Faktoren, welche sich im allgemeinen mit den bekannten Kapazitäts- und Intensitätsfaktoren *Ostwalds* decken. *Popper* nennt die beiden Faktoren: „unveränderliche Menge" und „veränderlichen Arbeitszustand". Bei der Wärmeenergie tritt bei ihm für den ersten Faktor „die kalorisch gemessene ponderable Materie", d. h. das Produkt aus Masse und spezifischer Wärme auf, während in der späteren Energetik als Kapazitätsfaktor die Entropie eingeführt wird.

Nach der allgemeinen energetischen Einleitung werden das Stromgesetz für die Elektrizität (Ohmsches Gesetz), die Arten und Gesetze der Elektrizitätserzeugung und die Gesetze des elektrischen Arbeitstransportes besprochen.

Poppers erste Arbeit auf dem Gebiete der *Aeromechanik* ist eine rechnerische Behandlung der energetischen Verhältnisse beim Luftballon und insbesondere eines heute etwas eigenartig erscheinenden Problems: der Anwendung eines *Luftballons als Kraftmaschine*[1]), indem man das Gas, speziell Warmluft durch wiederholte Erwärmung und Abkühlung einen Arbeitsprozeß ausführen läßt. Der Gedanke geht auf das Jahr 1783 zurück, als der französische Chemiker *Guyton Morveau* den Vorschlag machte, einen durch billige Brennstoffe geheizten Warmluftballon als Kraftmaschine zum Pumpenantrieb (zu Zwecken der Grubenentwässerung, die damals im Vordergrund der Maschinentechnik stand) zu benutzen. Die von *Popper* angestellte Berechnung liefert naturgemäß einen äußerst geringen thermischen Wirkungsgrad für den Prozeß. Die auf demselben Gedanken beruhende „Sonnenmühle", bei der kleinere Ballons paternosterartig sich bewegen sollen, indem die aufsteigenden durch Sonnenstrahlung erwärmt, die absteigenden abgekühlt werden, führt wiederum zu praktisch nicht möglichen Abmessungen.

Diese Arbeit hat, trotz des negativen Ergebnisses betreffs der eigentlichen Problemstellung, doch eine gewisse Bedeutung im Leben ihres Verfassers gewonnen, weil sie ihm Veranlassung bot, mit *Robert Mayer* in nähere Beziehung zu kommen. Als Ergebnis eines herzlich gehaltenen Briefwechsels[1]) zwischen den beiden ähnlich gesinnten Männern kam eine sehr wertvolle Besprechung der zweiten Auflage *Robert Mayers* „Mechanik der Wärme" aus der Feder *Joseph Poppers* im Jahrgang 1876 in der Wochenschrift „Das Ausland" zustande[2]).

In dieser Rezension tritt *Popper* zunächst lebhaft für die Priorität *Mayers* bezüglich des Gedankens der Äquivalenz von Wärme und Arbeit ein. Er betont die Wichtigkeit des „Alles umfassenden Gedankens", auch falls das Einzelphänomen bereits früher experimentell nachgewiesen worden ist (*Joule*). Er stellt das Verhältnis der Mayerschen Entdeckung zu den Joulesschen Versuchen in Analogie zum Verhältnis der Newtonschen Gravitationstheorie zu den Experimenten von *Cavendish*, der zuerst die Anziehung irdischer Massen unmittelbar nachgewiesen hat.

„Durch *Newton* wie durch *Mayer* lernten wir weit auseinander liegende Erscheinungen auf einfache Weise in Zusammenhang zu bringen und nebst dieser gewonnenen Einsicht in das bereits Bekannte wurden wir vermöge der durchdringenden Ausarbeitung des Grundgedankens mit neuer prophetischer Kraft: dem höchsten Ziele der Wissenschaft ausgerüstet; und genau diesen selben Nutzen hätten wir aus den beiden neuen Anschauungen gezogen und dieselbe Voraussicht in Naturerscheinungen hätten wir besessen, wenn die allgemeine Gravitation der Materie wie die Äquivalenz von Wärme und Arbeit nicht direkt vor unsere Augen gebracht worden wäre, wenn also *Cavendish* und *Joule* niemals ihre Experimente vorgenommen hätten." (Gilt dies nicht auch für die jetzt so heiß umstrittene Frage des direkten Nachweises der Elektronenladung?)

In weiterer Folge der Besprechung behandelt *Popper* eine auch heute höchst aktuelle Frage, die der Beziehung zwischen phänomenologischer

[1]) Über die Quelle und den Betrag der durch Luftballons geleisteten Arbeit, in den Sitzungsberichten der kais. Akademie d. Wissensch., Wien 1875.

[1]) *Mayers* drei Briefe sind in der Popperschen Selbstbiographie abgedruckt.

[2]) Ebenfalls im Anhang der Selbstbiographie abgedruckt.

Wärmelehre und Molekularmechanik. *R. Mayer* war der Ansicht, daß „so wenig aus dem zwischen Fallkraft und Bewegung bestehenden Zusammenhange geschlossen werden kann: das Wesen der Fallkraft sei Bewegung, so wenig gilt dieser Schluß für die Wärme. Wir möchten vielmehr das Gegenteil folgern, daß um zu Wärme werden zu können, die Bewegung aufhören müsse, Bewegung zu sein".

Dieser Satz ist scheinbar widerlegt worden durch die Erfolge der molekularen Wärmetheorie, die die Wärmeerscheinungen restlos als Bewegungserscheinungen zu erklären verspricht.

Demgegenüber präzisiert *Popper* seinen Standpunkt dahin, daß wiewohl die mechanische Auffassung der Wärme ungeheure Erfolge aufzuweisen hat, wir niemals berechtigt sind zu sagen: „Wir betrachten Wärme als eine Art der Bewegung", sondern: „Zwischen der aufhörenden endlichen Bewegung und der Empfindung Wärme ist Molekularbewegung als eine der Zwischenstationen anzutreffen." Er protestiert gegen das Doppelgesicht, das man der Welt durch die direkte Beschreibung der Erscheinungen einerseits und durch ihre mechanische Erklärung andererseits aufprägen will. *Wir* sind so geartet, daß uns eine mathematische Behandlung, besser eine *erfolgreiche* Behandlung eben nur bei räumlichen Beziehungen geglückt ist, wobei wir vielleicht die andern Sinneswahrnehmungen zu sehr vernachlässigen.

So steht es für ihn fest: Kein Phänomen kann durch ein anderes „erklärt" werden, man versteht es nur dadurch, daß man es wahrnimmt.

Diese erkenntnistheoretische Lehre — die mit den erkenntnistheoretischen Ideen *E. Machs*[1]) viel Gemeinsames hat — muß jedem Physiker, der seine Seele restlos der mechanischen oder — sei es — der elektromagnetischen Auffassung aller Phänomene vergeben hat, Anlaß zum Nachdenken geben. Es würde zu weit führen, näher auf die Frage einzugehen; ich will nur betonen, daß diese im Jahre 1876 geschriebenen Zeilen noch heute mit der Frische der Aktualität wirken. Bei mir wurde dieser Eindruck noch dadurch bekräftigt, daß ich vor einigen Jahren, in einer Zeit, als ich — selbst in quantentheoretische Arbeiten tief versunken — sozusagen von den Erfolgen der modernen Molekularmechanik mich berauschen ließ, dieselbe Frage mit meinem Vater öfters eingehend besprochen habe, wobei er, der Philosoph, genau den Mayerschen, oder besser den Popperschen Standpunkt mir gegenüber mit Erfolg vertreten hat. *Poppers*, leider in einer heute ziemlich unbekannten Zeitschrift erschienenen Aufsatz haben wir beide nicht gekannt.

Wir wollen jedoch zu *Poppers* weiteren Arbeiten über *Luftfahrt* und *Aeromechanik* zurückkehren.

Er hat auf diesem Gebiete eigentlich nichts „entdeckt", abgesehen von der Idee einer „Kaptivschraube" (gefesselter Schraubenflieger), deren Bau als Ersatz für Fesselballons er im Jahre 1879 anregte und die vielleicht noch zur Wirklichkeit werden mag.

Viel mehr jedoch, als die meisten Entdeckungen jener Zeit, haben seine Aufsätze zur Klärung der Gedanken beigetragen.

Sehr schön charakterisiert *Popper* selbst den Einfluß richtiger theoretischer Einsicht auf die Entwicklung der Praxis in der Studie „Maschinen- und Vogelflug" (erschienen 1911 bei M. Krayn, Berlin). Er zitiert den bekannten flugtechnischen Schriftsteller *Moedebeck*, der die Frage aufwirft: „Ist es nicht wunderbar, daß diese Apparate (die Drachenflieger von *Voisin*) fliegen, wo die Brüder *Voisin*, die aus einfachen Maschinenschlossern hervorgegangen sind, keine einzige Formel kennen und anwenden? Wieviel zahllose hochgebildete Ingenieure gibt es, welche uns mit Integralen und Differentialen bis auf das tz genau berechnet haben, die hernach nicht geflogen sind!"

„Die Antwort auf diese Frage und dieses Staunen — meint *Popper* — ist leicht zu geben. Ohne jenen Schlossern und Mechanikern ihre Verdienste irgendwie bestreiten zu wollen — ohne sie geht es ja überhaupt nicht —, wird doch gewiß niemand ihnen eine besondere flugtechnische Begabung zusprechen wollen, durch die sie sich von den hochgebildeten aber nicht fliegenden Ingenieuren unterscheiden."

„Aber: Wenn irgendein Gebiet von den Theoretikern nach vielen Seiten hin, unter großem Denkaufwand und wie alles im Leben mitunter nicht ohne Fehlgänge, durchgearbeitet wurde, so atmet auch der Nichttheoretiker, der sich aber um den Stand der Frage kümmert, in einer mehr oder weniger gereinigten Atmosphäre fachlicher Ansichten und Resultate, ohne daß er sich dessen recht bewußt wird, und ohne sich daher in der Schuld jener Theoretiker zu fühlen; ihm scheint es so, als hätten sich die Einsichten von selbst gemacht."

Diese schönen Sätze kann man kaum auf jemanden mit besserem Recht anwenden, als auf ihren Verfasser selbst. Wenn man *Poppers* „Flugtechnik" vom Jahre 1889, seine „Flugtechnischen Studien" aus den Jahren 1896 und 1899, die erwähnte Studie „Maschinen- und Vogelflug" oder seine kleineren Aufsätze liest, so wird man heute einiges unzutreffend, vieles veraltet finden, aber die „Klarheit der Atmosphäre", das peinliche Vermeiden jedes Mystischen, jedes Unklaren, was sonst in der flugtechnischen Literatur so üppig gedeiht, macht die Lektüre dieser Schriften auch für den heutigen Leser lehrreich und interessant. Es ist sicher, daß *Joseph Popper* als einer der ersten zu jenen Männern zu zählen

[1]) *Mach* und *Popper* waren durch ein halbes Jahrhundert eng miteinander befreundet; wie *Mach* erzählt, sind sie beide — unabhängig von einander — zu ihrer, in den Grundzügen übereinstimmenden erkenntnistheoretischen Weltauffassung gelangt. S. auch *Poppers* Nekrolog über *Mach*. (Vossische Zeitung, 1917.)

ist, die dazu beigetragen haben, die Flugtechnik auf klarer, mechanisch-physikalischer Grundlage mit den übrigen technischen Lehrfächern in Einklang zu bringen.

Ein klares Beispiel liefern hierzu die beiden Hefte der „Flugtechnischen Studien", von welchen Heft 1, von einer Besprechung der Lößlschen Arbeiten ausgehend, die allgemeine Theorie des Luftwiderstandes und den Mechanismus desselben, das zweite Heft den Gleitflug oder — wie man damals es nannte — das Problem der „Sinkverminderung" behandelt.

Nachdem er über die experimentellen Arbeiten *v. Löβl's* rühmend berichtet, gibt *Popper* eine kritische Darstellung der bekannten „Lufthügeltheorie" des genannten Verfassers. *Löβl* geht von der Anschauung aus, daß an dem Vorderteil eines vom Wind angeblasenen Körpers ein prismenartiger Stauhügel sich bildet, in dessen Innern die Luft vollständig ruht, während längs der Begrenzungsflächen des Stauhügels die Luft abströmt. Die hierdurch entstandene Ablenkung bedingt den Luftwiderstand.

Popper stellt dieser Theorie mit vollem Recht sein Bedenken entgegen, daß die Existenz solcher, durch ebene Trennungsflächen scharf umgrenzter, ruhender Gebiete mit der Mechanik der Luftbewegung unverträglich ist. Er weist ferner auf den Umstand hin, daß heiße Körper durch strömende Luft viel intensiver als in ruhender Luft abgekühlt werden und die abgeführte Wärme ungefähr proportional der Luftgeschwindigkeit ist, was sicher nicht möglich wäre, falls vor dem Körper wirklich ein ruhender Lufthügel sich bilden würde.

Während der sonst als Forscher sehr verdiente Ingenieur *Löβl* augenscheinlich zu einer ad hoc Hypothese seine Zuflucht nimmt, läßt dies bei *Popper* sein weitgehender Blick und sein wissenschaftliches Gewissen nicht zu und er beschränkt sich auf Klarstellung der Mechanik des Luftwiderstandes auf Grund der allgemeinen Sätze von der Erhaltung der Energie und des Impulses.

Die spätere Entwicklung der Aeromechanik hat klar erwiesen, daß die Vorgänge, die die Gesetze des Luftwiderstandes bestimmen, auch in den scheinbar einfachsten Fällen viel komplizierter sind, als daß sie durch jene ad hoc Theorien auch nur angenähert dargestellt werden könnten.

In mehreren Schriften befaßte sich *Popper* mit der Feststellung der Bedingungen, unter welchen eine erfolgreiche Lösung des Flugproblems möglich erschien. Er gehört in dieser Hinsicht in wahrem Sinne des Wortes zu den „Pionieren der Luftfahrt", weil sein Hauptaugenmerk eben auf die zu leistenden Vorarbeiten gerichtet war. Er bemerkt selbst in seiner bereits öfters erwähnten Selbstbiographie, daß ihn die geistigen — gedanklichen oder experimentellen — Bemühungen, welche die Fortschritte in der Flugtechnik wie in jedem andern technischen Gebiete ermöglichen, viel mehr interessierten, als die tatsächlichen Errungenschaften selbst. „Sobald das erste Exemplar einer Flugmaschine oder eines rascher fahrenden Luftballons der Welt vorgeführt wurde, war für mich das eigentliche und hauptsächliche Interesse an dem technischen Fortschritt erledigt."

Die Hauptfragen waren damals, bei welcher spezifischen Motorleistung $\left(\frac{\text{Motorleistung}}{\text{Motorgewicht}}\right)$ ein Projekt eines Motorluftschiffes oder eines Flugzeuges aussichtsreich erscheint? Ferner, welche „Flugmaschinensysteme" (Drachenflieger, Schraubenflieger, Schwingenflieger) die meiste Hoffnung zur Verwirklichung des maschinellen Fluges bieten?

Die Unterschiede gegen heutige Begriffe sind natürlich ungeheuer. So bespricht z. B. *Popper* in seiner „Flugtechnik" (1889) als den „leichtesten Ballonmotor" den Elektromotor, welchen *Renard* und *Krebs* in ihrem „lenkbaren Luftschiff" eingebaut gehabt haben. Die gesamte Kraftanlage (Elektromotor samt Akkumulatorbatterie) wog bei einer Nutzleistung von 3,4 PS — 652 kg, daher 190 kg für die Pferdestärke! Die heutigen Flugmotoren haben den Rekord: 1 kg Gewicht für jede Pferdestärke erreicht, und die ganze Kraftanlage samt Betriebsmittel für sechs Stunden wiegt nicht über 3—4 kg für die Pferdestärke.

Die rechnerische Behandlung der Frage nach dem zulässigen Motorgewicht (in einem im Jahre 1880 im österreichischen Ingenieur- und Architektenverein gehaltenen Vortrage) führt *Popper* zu dem Ergebnisse, daß ein maschinelles Fliegen nur dann möglich ist, wenn der Motor für die Pferdestärke nicht mehr als 9 kg wiegt. Bekanntlich ist der mechanische Flug erst mit viel leichteren Motoren verwirklicht worden. Interessant ist indessen, daß andere sachkundige Konstrukteure, z. B. *Kreß*, diese sicher optimistische Berechnung noch für zu pessimistisch gehalten haben. *Kreß* hat für sein Modell „Aeroveloce" vorgerechnet, daß das Flugzeug fliegen würde, falls man einen Motor mit 30 PS Leistung und einem Gewichte von 600 kg bauen könnte! (also 20 kg/PS). Die Diskrepanz der Berechnungen hängt mit dem sogenannten, damals viel erörterten „Sinusproblem" zusammen, d. h. mit der Frage, wie die Abhängigkeit der Luftkräfte vom Anstellwinkel (Neigung der Tragflächensehne gegen die Flugrichtung) in Rechnung zu stellen sei? Es waren zwei Schulen da: die eine schwur auf die sogenannte *Newtonsche Formel*, die andere auf die sogenannte *einfache Sinusformel*. Nach der Newtonschen Formel wäre der Auftrieb (z. B. bei der schiefen ebenen Tragfläche) dem Quadrate, nach der anderen Formel der ersten Potenz des trigonometrischen Sinus des Anstellwinkels proportional. Falls die *Newtonsche* Formel zu Recht bestehen sollte, erschien das Flugproblem auch im Falle, daß sehr leichte Motoren gebaut werden können, praktisch fast aussichtslos, weil bei kleinen Anstellwinkeln, also in dem Bereich, in

welchem zwischen Widerstand und Auftrieb noch ein annehmbares Verhältnis besteht, der Auftrieb auf die Flächeneinheit so gering wäre, daß man zu ungeheuren Abmessungen gelangen müßte. Nach der Sinusformel erhält man dagegen annehmbare Flächengrößen und es bleibt nur die Forderung nach leichten Motoren, allerdings — wie *Popper* nachgewiesen hatte — mit viel geringerem Gewichte, als man damals für möglich gehalten hatte. (*Kreß* gelangte zu seiner optimistischen Auffassung — wie ebenfalls *Popper* nachwies — auf Grund einer merkwürdigen Berechnung, indem er den Widerstand nach der Newtonschen, den Auftrieb nach der Sinusformel gerechnet hat.) Die Streitfrage des Sinusproblems wurde dann durch die Lößlschen Versuche zugunsten der Sinusformel entschieden. Bekanntlich liefert jedoch nach neueren Versuchen auch die Sinusformel keine brauchbare Annäherung; es gibt überhaupt keine einfache rationelle Formel für die Abhängigkeit der Luftkräfte vom Anstellwinkel. Es hat vielmehr das Suchen nach solchen Formeln eigentlich in schädlicher Weise zur Verschleierung der bereits bei den damaligen primitiven Versuchen zu Tage tretenden wahren Gesetzmäßigkeiten beigetragen.

Was die Berechnungen über die Aussichten der verschiedenen Systeme anbelangt, so kommt *Popper* auf Grund allgemeiner Betrachtungen zu dem Ergebnis, daß alle „intermittierende" Systeme (Flügelschlagapparate, Wellenflugapparate) ungünstiger sind als diejenigen, welche auf „kontinuierlicher Kraftentwicklung" beruhen, also Schrauben- und Drachenflieger. Obwohl zunächst die Drachenflieger das Feld vollständig eroberten, gewisse Vorliebe für Schraubenflieger hat er stets bewahrt.

In späteren Abhandlungen befaßt er sich mit vielen speziellen Fragen über Drachenflugzeuge, insbesondere mit Berechnungen über verschiedentlich definierte Nutzeffekte bei Flugzeugen, über günstigste Gewichtsverteilungen, z. B. zwischen Flügelgewicht, Motorgewicht und Nutzlast, ferner mit vergleichenden Berechnungen über Gewichts- und Kraftverhältnisse bei Flugmaschinen und fliegenden Lebewesen. Sehr beliebt waren in der damaligen Literatur auch die Maximum- und Minimumprobleme, wie z. B. die Frage nach dem Flugzustand mit geringstem Arbeitsaufwande, nach dem Flugzustand des langsamsten und des weitesten Fluges usw. Allerdings wird aus diesen mit vielem Geistesaufwand durchgeführten Berechnungen wenig in eine moderne Fluglehre übergehen. Der Entwicklungsgang ist derselbe wie auf anderen Gebieten der technischen Wissenschaften: von dauerndem Wert sind einerseits die allgemeinen physikalisch-mechanischen Grundlagen, erhärtet durch experimentelle Forschungen, andererseits sammelt jedoch die Konstruktionspraxis ihr eigenes Material am liebsten in Form von empirischen Regeln, deren Anwendungskreis zwar viel enger ist als jener der rationellen Berechnungen, dafür aber in dem engen Anwendungsgebiet die für die praktische Arbeit nötige Sicherheit und Anpassungsfähigkeit besitzen.

So halte ich auch in *Poppers* flugtechnischen Schriften die klare Darstellung einiger Grundfragen (z. B. die des Gleitproblems) für wertvoller, als die Behandlung vieler „subtiler" Fragen, in die er sich gerne vertiefte.

Außer der klaren Begriffsbildung und der Tendenz nach exakter Behandlung der Fragen werden *Poppers* einschlägige Schriften durch einen starken, in der flugtechnischen Literatur — wie in den meisten jungen Wissenschaftszweigen — sonst selten vorkommenden historischen Sinn gekennzeichnet. So ist die Abhandlung „Der Maschinen- und Vogelflug" zum großen Teile den Arbeiten von *Alphonse Pénaud* gewidmet, den man (zeitlich vor *Kreß*, der seine Arbeiten jedoch nicht kannte) als den eigentlichen Entdecker des heutigen mit natürlicher Stabilität behafteten Drachenfliegers ansehen muß. Und in allerletzter Zeit hat *Popper* eine ausführliche Abhandlung über die Werke des mit ihm befreundet gewesenen, verdienten österreichischen Flugtheoretikers *Jarolimek* veröffentlicht.

Dem Verfasser des Werkes „Das Recht zu leben und die Pflicht zu sterben" — eines der schönsten Bücher, die jemals geschrieben worden sind — hat Gott das Glück zu Teil werden lassen, den achtzigsten Geburtstag in rüstiger Geistesfrische begehen zu dürfen. Bei großen Männern, die ein hohes Alter erreichen, werde ich stets an das schöne Lagerlöfsche Märchen erinnert, an das Märchen von der armen Frau, die ihre Tage dem sterbenskranken Papst schenkt, um dessen Leben dadurch zu verlängern. Wenn dem alten Lynkeus alle diejenigen, die an seinen Werken ein Ergötzen, eine Erbauung und eine Vertiefung ihres Geisteslebens erfahren haben, nur etliche Stunden von ihrer Lebenszeit schenken wollten, so werden seine Verehrer noch lange Jahre in seine kleine Hietzinger Wohnung wallfahren dürfen.

Geschützdonner und Wetter.

Von Dr. B. Brandt, Belzig i. M.

Es ist häufig, zuletzt im russisch-japanischen Kriege, behauptet worden, daß der Geschützdonner die Witterung beeinflusse. Freilich gehen die Berichte über die Art der Wirkung auseinander. Von der einen Seite wird Regenförderung und trübes Wetter, von der anderen Zerstreuung der Wolken und die Herbeiführung schönen Wetters behauptet. Die Wissenschaft stellt sich in dieser Frage auf einen sehr skeptischen oder ablehnenden Standpunkt (vgl. *S. Günther*, Handbuch der Geophysik, II., S. 39). Immerhin sind bisweilen doch so auffällige zeitliche Beziehungen zwischen den beiden Faktoren festzustellen, daß es schwer fällt, die diesbezüglichen Beobachtungen einfach beiseite zu schieben und es vielmehr rätlich erscheint, sie als

Material zu späteren Untersuchungen zu sammeln. Hierzu ein kleiner Beitrag aus dem gegenwärtigen Kriege:

Am Serwetsch-Schtscharaabschnitte des östlichen Kriegsschauplatzes, und zwar an der nördlich von Baranowitschi gelegenen Strecke, wies die Gefechtstätigkeit im Juni und Juli 1916 folgendes Bild auf: Von Mitte Juni bis zum 2. Juli herrschte bis auf vereinzelte Schüsse eine fast vollkommene Ruhe. Am 2. Juli setzte gleichzeitig mit der Sommeschlacht eine lebhafte Kampftätigkeit ein, die sich gelegentlich bis aufs höchste steigerte. Erst gegen Ende Juli wich sie wiederum einigermaßen ruhigen Zeiten. Der Wendepunkt der Kriegslage, der 2. Juli, bildet nun gleichzeitig eine Caesur zwischen zwei wesentlich verschiedenen Perioden der Witterung. Beide waren gleichmäßig durch mäßig warmes, nicht schwüles, angenehmes Sommerwetter ausgezeichnet; im Juni herrschte es dauernd und war nur durch ein einziges Gewitter unterbrochen, im Juli aber wurde es durch häufige Gewitter und kurze, mehr oder weniger heftige Regen gestört, die zeitlich fast stets mit stärkerem Artilleriefeuer annähernd zusammenfielen.

Am 4. Juli steigerte sich das Artilleriefeuer von 8 bis 12 Uhr abends zu größter Heftigkeit; gegen 10 Uhr folgte ein starkes Gewitter mit anhaltendem Regen, der mit dem Abflauen des Feuers nachließ.

Der 5. Juli war sonnig und trocken. Gegen 11 Uhr abends setzte kurze Zeit nach dem Beginne stärksten Feuers ein überaus heftiger Gewitterregen ein.

Der verhältnismäßig ruhige 6. Juli war von schönem, gewitter- und regenfreiem Wetter begleitet.

Am 8. Juli wurde der Vormittag von sehr heftigem Feuer ausgefüllt, doch zeigte das Wetter keine Besonderheit.

Am 9. Juli folgte dem Beginne lebhafter Feuertätigkeit in den frühen Abendstunden Regen und Wetterleuchten.

Am 14. Juli, einem heiteren, nicht schwülen Tage bereitete 2 Uhr nachmittags ein zweistündiges Trommelfeuer einen Angriff vor. Bald begann ein leichter, öfters aussetzender Regen, der mit dem Feuer aufhörte. Besonders bemerkenswert ist, daß er örtlich beschränkt war und nur in der Gegend der feuernden Batterien wahrgenommen wurde.

Am 27. Juli 9.30 Uhr abends setzte annähernd gleichzeitig mit starkem Artilleriefeuer leichter Regen ein; das gleiche war mit einem etwas größeren zeitlichen Abstande am 28. Juli der Fall, wobei es sich um einen Gewitterregen handelte.

Am 30. Juli folgte 10 Uhr abends Gewitter mit Regen tagsüber mäßigem, in den Abendstunden anschwellendem Feuer.

Regen und Gewitter kamen und verschwanden stets mit einer solchen Pünktlichkeit, daß man allgemein damit rechnete, wobei besonders merkwürdig war, daß es in den Zwischenzeiten weder heiß noch schwül war. Es herrschte durchaus keine Gewitterstimmung, Regen und Gewitter kamen vielmehr wie aus heiterem Himmel.

Soviel über die bemerkenswertesten zeitlichen Zusammenhänge zwischen Artilleriefeuer und Wetter, die durch genauere meteorologische Daten festzulegen die Lage leider verhinderte. Es sei dazu noch bemerkt, daß im Gegensatze zu diesen Beobachtungen zu anderen Zeiten, z. B. während heftiger Kampftage im Aisnegebiete im Sommer 1917 nicht die Spur zeitlicher Beziehungen zwischen Geschützfeuer und Wetter zu bemerken war.

Besprechungen.

Jaeger, Wilhelm, Elektrische Meßtechnik. Theorie und Praxis der elektrischen und magnetischen Messungen. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1917. XXVI, 533 S. und 583 Abb. im Text. Preis geb. M. 26,—.

Die schnell fortschreitende Entwicklung der Physik in den beiden letzten Jahrzehnten, die Entdeckung und stete Ausbreitung und Verzweigung neuer Erscheinungsgebiete, die dankbare Forschungsarbeit in ihnen, durch theoretische und hypothetische Ideen leicht befruchtbar, verleiten schon den älteren Studenten, sich einseitig mit ihrem Gedankenkreis vertraut zu machen, sich allzusehr auf die *Entdecker*-Arbeit zu verlegen. Hierbei muß aber die Ausbildung in einem klassischen Zweig der Physik leiden: dem Gebiete der *Meßtechnik*. Während die Beschäftigung mit den modernen Theorien ohne gründliche Kenntnis der klassischen Theorie der Physik nicht möglich ist, besteht zwischen dem forschenden, experimentellen Arbeiten und dem meßtechnischen Wissen und Können kein solch zwingender Zusammenhang. Fehlt aber diese Ausbildung, so ist schlechterdings eine kritische Durcharbeitung der bei Forschungsarbeiten verwendeten Methoden nicht möglich, und die Folge ist — die neuere physikalische Literatur bietet leider genug Beispiele hierfür — Verkennung der gewonnenen Resultate, Mißdeutungen und durch sie bedingte verfehlte Spekulationen und Theorien. Dazu kommt, daß aller genialer Forschergeist allein die Physik nicht hochgebracht hat, daß er sie allein auch nicht weiterbringen wird, wenn er nicht auf den Grundlagen der klassischen Messungen aufbaut und mit den durch sie erhaltenen Voraussetzungen arbeitet. Und vor allem: Mögen die Erfolge entdeckender, sorgsamer Experimentierarbeit auch noch so groß sein, mag der weitblickende Forscher auch die Kleinarbeit der *Präzisionsmessungen* etwas über die Schulter ansehen, spöttelnd ob der jahrelangen Mühen und Sorgen zur Verringerung der Fehlergrenzen einer Messung um ein einziges Prozent oder noch weniger — wer weiß, ob ohne die Präzisionsmessungen über die Dichte des Stickstoffs die Welt der Edelgase bekannt, ob ohne die e/μ-Messungen die Zunahme der elektromagnetischen Masse mit der Geschwindigkeit nach der Theorie von *Lorentz* im Gegensatz zu der von *Abraham* errechneten Massenänderung bewiesen wäre, wie ohne *Michelsons* Versuch, ohne quantitative Kanalstrahlenmessungen, ohne absolute Strahlungsmessungen, ohne mühsamste Messungen der Feinstruktur von Spektrallinien die Entwicklung und vor allem die physikalische Berechtigungserkenntnis weittragender theoretischer Ideen möglich gewesen wäre. Leistet so

die stets fortschreitende Entwicklung der Meßtechnik der Wissenschaft, der Erweiterung unserer Erkenntnis in doppelter Weise dauernd ihre Dienste, so ist doch ihre Aufgabe damit keineswegs erfüllt. Internationale wissenschaftliche Vereinbarungen über die Größe von Urmaßen, von *Normaleinheiten* sind auf ihrer Arbeit erstanden, durch die alle Forschungsergebnisse vergleichbar wurden. Mit ihnen mißt die praktische Technik die Leistung ihrer Erzeugnisse; bei handelswirtschaftlichen Fragen, gesetzlichen Bestimmungen zur Ermöglichung einer Regelung von Streitigkeiten über Lieferungsbedingungen technischer Geräte und Maschinen, bei technischen Konkurrenzfragen dienen sie als unabänderliche gesetzliche Einheitsmaße. Von diesen Gesichtspunkten aus betrachtet, charakterisieren sich *die Grundlagen der Meßtechnik* mehr als manches andere Forschungsgebiet, als *internationales Interessengebiet*, und tatsächlich ist ja ihre Entwicklung einer jahrzehntelangen internationalen Arbeit zu verdanken. —

Die Berechtigung eines Werkes, wie das zur Besprechung vorliegende: *Elektrische Meßtechnik* von *Wilhelm Jaeger*, Mitglied der physikalisch-technischen Reichsanstalt, ist somit anzuerkennen, da gleiche Bearbeitung noch nicht vorliegt. Als Leserkreis ist ihm vor allem jeder sich ernsthaft mit Physik beschäftigende Student zu wünschen. Es ist vielleicht als eine Vertiefung und Erweiterung der entsprechenden Teile des „Kohlrausch" zu bezeichnen. Elektrische Messungen, wie sie im physikalischen Praktikum ausgeführt werden, behandeln viele Werke — neben *Kohlrausch* z. B. die bekannte Starkesche experimentelle Elektrizitätslehre. Aber gerade das, was in ihnen allen fehlt, will *Jaeger* bringen: Ein theoretisches und praktisches Lehrbuch der Technik der elektrischen Präzisions-Messungen und ihre Resultate in kritischer Beurteilung.

Das Werk enthält kaum Tatsachen, Gedanken oder Theorien, die nicht schon irgendwo in der Literatur veröffentlicht sind; es soll eine *einheitliche* Zusammenstellung zum Zwecke des Studiums oder des Gebrauchs beim Arbeiten geben. Hierdurch wird einerseits eine schnellere und bessere Orientierung erreicht, als sie durch Studium von Originalabhandlungen möglich ist, da die in ihnen enthaltene Entwicklung durch eine zusammengezogene Darstellung der sichersten Ergebnisse ersetzt ist. Wo für die Behandlung spezieller Fragen kein Raum zur Verfügung stand, ist auf die nähere Angaben enthaltende Originalarbeit verwiesen. Andererseits will der Verfasser aber auch eine Erleichterung des Studiums besonders bezüglich der mathematischen Behandlung erreichen. Er faßt deshalb die auch bei der reinen Experimentalphysik unvermeidlichen theoretischen Darstellungen in einem besonderen Teil zusammen (Teil I, Theoretische Grundlagen), so daß die Behandlung von Theorie und Praxis der eigentlichen meßtechnischen Fragen durch sie nicht in die Länge gezogen oder unübersichtlich wird. Hierzu wählt er glücklicherweise eine einheitliche Formelsprache (Vektoranalysis, symbolische Darstellung des Wechselstroms) und gibt deren Erklärung in einem einleitenden Abschnitt „Mathematische Hilfsmittel".

Der Hauptteil des Buches ist der Entwicklung von Normaleinheiten und den Methoden ihrer Reproduktion und praktischen meßtechnischen Verwendung im physikalischen Laboratorium gewidmet. Hierin nimmt die Behandlung der Fehlerquellen als die Kardinalforderung jeder Präzisionsarbeit einen breiten Raum ein. Teil II behandelt „Einheiten und Normale", als Grundlagen gelten elektromotorische Kraft, Stromstärke und Widerstand, von denen die praktischen Einheiten des Widerstandes und der Stromstärke, Ohm und Ampere, als *gesetzliche* Grundeinheiten in enger Anlehnung an die Beschlüsse der internationalen Messungs- und Prüfungskommissionen angenommen sind, während als *praktische* sekundäre Einheiten Normalwiderstand und Normalelement festgesetzt sind. Aus ihnen sind die Normalien für Stromstärke, Kapazität und Induktivität abgeleitet. Die sichersten Reproduktionsmethoden werden behandelt, ihre internationale Übereinstimmung ist zu $^1/_{100\,000}$ ihres Wertes angenommen. Über den Zusammenhang dieser Normalien mit den „absoluten Einheiten", dem C-G-S-System, sind endgültige Daten wohl nie erhältlich (IX. Teil, Anhang). Sind die Normalien auch aus absoluten Messungen gefunden, so sind diese aber doch nie fehlerfrei. Den praktischen Anforderungen ist durch die Festsetzung der Normalien vorerst Genüge geleistet, der Wissenschaft bleibt hier noch ein großes Arbeitsfeld.

In durchweg glücklicher Form ist eine Trennung zwischen „Meßinstrumenten" (Teil III) und Meßmethoden (Teil V—VII) durchgeführt. Die Meßinstrumente sind nach einheitlichen physikalischen Gesichtspunkten (elektrostatische, elektrodynamische usw. Instrumente), nicht nach ihren Zwecken geordnet. Die mit verschiedenen Ausführungsformen der Instrumente erreichbare *Empfindlichkeit* ist meist angegeben. Die Meßmethoden (getrennt in Gleichstrom- [V], Wechselstrom- [VI] und magnetische Messungen [VII]) sind je nach dem zu erreichenden Ziel verschieden, sie sind durch die Angabe ihrer *Genauigkeit* charakterisiert. Zur Verwendung der Meßinstrumente in Meßmethoden sind (Teil IV) Hilfsapparate und -Vorrichtungen erforderlich (Batterien, Schalter, Widerstandskästen usw.). Meßanordnungen, welche zu Apparaten normalisiert sind, z. B. Kompensationsapparate, sind unter den Methoden behandelt.

Einige Anwendungsgebiete der elektrischen Messungen sind in Teil VIII mehr in Form eines Überblickes behandelt. Verfasser hat willkürlich zwei gewählt, deren Bedeutung sowohl auf wissenschaftlichem, als auch praktisch-technischem Gebiete liegt: die drahtlose Telegraphie und die elektrischen Temperatur- und Strahlungsmessungen. Auch an anderen Stellen wird auf die Bedeutung und Anwendungsmöglichkeit wissenschaftlicher Methoden in technischen Meßfragen hingewiesen. —

Bezüglich der vom Verfasser getroffenen Auswahl, insonderheit bezüglich der Beschränkung auf normale Messungsmethoden schon jetzt Wünsche und Abänderungsvorschläge vorzubringen, wäre verfrüht. Vielleicht ließen sich klassische Präzisionsmessungen als Beispiele für die Anwendung der meßtechnischen Grundlagen einschieben, wie ja auch für technische Messungen Beispiele — allerdings nur in großen Umrissen angedeutet — gegeben sind. Ein endgültiges Urteil hierüber wird sich aber erst nach längerem Gebrauch des Buches in Verbindung mit akademischem Praktikums- und Vorlesungsunterricht erreichen lassen. Besonders gelungen scheinen die theoretische Einleitung in ihrer knappen, aber gerade alles wichtige enthaltenden Form und die Kapitel über Galvanometer, Spannungs- und Widerstandsmessungen und Kurvenanalyse. Aber auch einige leicht zu beseitigende Mängel seien erwähnt: z. B. die Empfindlichkeit von Galvanometern und Elektrometern ist nicht immer in vergleichbaren Einheiten angegeben; auch sollte man die Definition des Reduktionsfaktors durch seinen reziproken Wert ersetzen,

die jetzt noch viel gebräuchliche Ausdrucksweise gibt zu leicht zu Mißverständnissen Anlaß. Ausdrücke, wie „die beste Methode ist . . .“ oder „am bequemsten verwendet man . . .“ oder „von festen Dielektriken ist Glimmer am günstigsten“ fallen auf gegenüber der sonst so exakten Formulierung. Gewiß ist *eine bestimmte Sorte* Glimmer ausgezeichnet in der und jener Beziehung, aber er hat doch auch Nachteile gegenüber anderen Dielektriken. An sehr vielen Stellen würde gerade eine Begründung eines Komparativs „besser, bequemer“ oder eines Superlativs für den Lernenden von besonderer Bedeutung und daher sehr willkommen sein. Schließlich sei der Hinweis auf die Druckfehler nicht vergessen — sie sind zahlreich; aber sie mögen entschuldigt werden mit den Kriegsverhältnissen, welche den Verfasser zwangen, die unendlich mühsame Arbeit des Korrekturlesens fast des ganzen umfangreichen Werkes allein zu bewältigen. Vielleicht wären sonst mit ihnen auch manche andere textliche Unklarheiten verschwunden. — Aber das sind nicht mehr als Schönheitsfehler im Vergleich zu dem Gesamteindruck dieses — auch vom Verlag bestens ausgestatteten — Werkes. Gerade die Verteilung von theoretischen Betrachtungen in allgemeine und speziell für eine Aufgabe erforderliche, die wirksame Unterstützung des Textes durch übersichtliche Schaltungsskizzen und Abbildungen, die scharfe Fassung von Definitionen scheinen geeignet, dem Jaegerschen Werk den fördernden Einfluß auf den Physikstudierenden und experimentellen Physiker zu sichern, den seine Materie in der Physik eingenommen hat und behalten soll.

Walther Gerlach, Göttingen

Geographische Mitteilungen.

Geophysikalische Diskussionsabende. Die verschiedenen Wissenszweige, die sich mit den metrischen und physikalischen Eigenschaften der Erde beschäftigen, sind durch mannigfaltige Beziehungen miteinander verbunden, was sowohl für die theoretische Seite, als auch für die instrumentelle Praxis gilt. Dagegen haben die einzelnen Forscher sich vielfach eng auf ihr eigenes Arbeitsgebiet beschränkt, ohne dauernd in Fühlung mit den Nachbarwissenschaften zu bleiben. Dieser Mangel ist in Berlin bereits vor einer Reihe von Jahren empfunden worden, und es wurde versucht, ihm durch Erweiterung eines von Professor *Adolf Schmidt* (Potsdam) regelmäßig an der Universität abgehaltenen geophysikalischen Kolloquiums abzuhelfen. Doch erwies sich begreiflicherweise die Einordnung dieser Veranstaltung in den Rahmen des Universitätsunterrichts nicht als förderlich für die Beteiligung von Vertretern der einzelnen Spezialfächer. Dagegen war der Abhaltung freier Erörterungsabende in Potsdam ein größerer Erfolg beschieden, weil hier die wissenschaftlichen Beamten des Astrophysikalischen, Meteorologischen und Magnetischen Observatoriums, des Geodätischen Instituts und der Universitäts-Sternwarte zu Neubabelsberg einen Stamm von Fachgelehrten bildeten, in denen die verschiedensten Richtungen der geophysikalischen Wissenszweige vertreten waren. Der Krieg hat diese Veranstaltungen, hoffentlich nur vorübergehend, unterbrochen. Es ist nun interessant, zu sehen, daß in England gerade der Krieg derartige Diskussionsabende ins Leben gerufen hat, und zwar ist es die British Association for the Advancement of Science gewesen, die ein Komitee zur Veranstaltung solcher Versammlungen eingesetzt hat. Die erste, in welcher die Grundlinien des Planes und das Programm für die Folgezeit beraten wurde, fand am 7. November 1917 in den Räumen der Royal Astronomical Society unter dem Vorsitz des Astronomer Royal Sir *Frank W. Dyson* statt. Der heftige Protest, der von englischer Seite gegen die Wiederaufnahme gemeinsamer wissenschaftlicher Arbeiten mit den Mittelmächten nach dem Kriege erfolgt ist (vgl. die folgende Notiz über die Zukunft der Internationalen Erdmessung), und das offenbare Bestreben unserer Feinde, Deutschland auch in wissenschaftlicher Beziehung zu isolieren, läßt eine möglichst baldige energische Inangriffnahme intensivsten wissenschaftlichen Betriebes wünschenswert erscheinen. Es wäre daher mit besonderer Freude zu begrüßen, wenn die geophysikalischen Diskussionsabende auch bei uns bald in eine Form gebracht würden, die eine dauernde Weiterführung und eine erfolgreiche Entwicklung gewährleisten könnte.

Starke Regenfälle in der Sahara. Die Sahara ist keineswegs, wie vielfach angenommen wird, ein regenloses Gebiet, nur erfolgen die Regenfälle nicht so regelmäßig, daß es zur Entwicklung ständig fließender Gewässer kommt. Gelegentlich aber stürzen gewaltige Wassermassen herab, die sogar katastrophal wirken können, wie es z. B. im April 1899 der Fall war, wo im Wadi-Ururlu eine große Fläche so schnell unter Wasser gesetzt wurde, daß mehrere Soldaten ertranken. Einen ähnlichen Fall beobachtete der in der Tuat-Oase der westlichen Sahara stationierte französische Artilleriekapitän *Augieras* im Oktober 1915. Gewöhnlich bewirken die Herbstregen auf der südlichen Seite des Atlasgebirges eine Wasserführung des Oued Guir, die in der Regel bis Beni-Abbès hinabreicht, sich aber nur selten bis Ksabi bemerkbar macht. Das Flußtal zwischen Beni-Abbès und Ksabi, Oued Saoura und dessen Fortsetzung südwärts, Oued Messaoud, bilden die Sammelrinnen für alles vom Südabhang des Atlas abfließende Wasser und somit für den größten Teil der westlichen Sahara. Zur Pluvialzeit bildete das Oued Saoura-Messaoud die Hauptader eines großen Flußsystems, heute ist es ein nur zeitweilig wasserführender Fluß, ein typisches Beispiel für die Oueds der westlichen Sahara. Im Oktober 1915 nun hatten die Regengüsse ein so plötzliches Steigen des Wassers im Oued Saoura-Messaoud zur Folge, daß die Karawanen, die das Trockental als bequemen Reiseweg zu benutzen pflegen, sich nur mit Mühe retten konnten. Ganze Palmenstämme rollte das wild dahinbrausende Wasser mit sich fort. In der Schlucht von Foum el Kheneg erreichte es am 18. Oktober seinen höchsten Stand von mehr als 4 m. Den Damm, der sich hier befindet, um das Wasser nach der Tuat-Oase abzulenken, rissen die Fluten fort und bahnten sich einen Weg nach Süden, offenbar dem ursprünglichen Laufe des alten diluvialen Oued Messaoud folgend. *Augieras* ist nun diesem Wegweiser gefolgt. Er ist selbst den Spuren des Hochwassers bis 25° 33′ Nord nachgegangen, hat Betrachtungen über dessen weiteren Verbleib angestellt und Berichte von landeskundlichen Eingeborenen gesammelt. Seine Untersuchungen machen es ihm wahrscheinlich, daß der Oued Messaoud seine Fortsetzung in dem vom Adrarhochlande herabkommenden Oued Tamandourirt findet, der dem Niger bei Timbuktu zufließt. Er stellt die Hypothese auf, daß der von Norden kommende Oued Saoura-Messaoud sich früher mit dem vom Süden kommenden Niger vereinigt habe und beide sich nach Westen in den Südteil des Djouf ergossen hätten. Im Laufe der Jahrhunderte sei dann der erstgenannte Fluß in dem Sande

der Sahara versiegt und der Niger habe sich südwärts dem Golfe von Guinea zugewandt. Das trocken gelegte Djouf aber wurde zu der trostlosen Wüste, die es heute darstellt.

Erdfall in den französischen Alpen. Plötzliche Umgestaltungen der Erdoberfläche gehören in nichtvulkanischen Gegenden zu den größten Seltenheiten. Um so bemerkenswerter ist ein Vorfall, der sich am 1. Februar 1914 in dem Tal der Avance bei Avençon im Departement des Hautes Alpes ereignete. Östlich von diesem Orte öffnete sich plötzlich inmitten besäter Getreidefelder eine Schlucht von 5—6 m Durchmesser und 57 m Tiefe. Die Entstehung ist wahrscheinlich auf den Einsturz einer dünnen Gesteinsschicht zurückzuführen, unter welcher ein Gipslager durch unterirdische Auslaugung allmählich entfernt worden ist.

Neue geographische Zeitschriften. In London erscheint jetzt eine Zeitschrift unter dem Titel *„New Europe"*, deren beide ersten im Jahre 1917 erschienenen Bände eine Reihe von politisch-geographischen Artikeln und Abhandlungen enthalten, von denen hier erwähnt sein mögen: Bohemia and the European crisis von *Thomas G. Masaryk*. — The Problem of the Baltic von *F. J. C. Hearnshaw*. — Belgium and the problem of the Scheldt von *Pierre Maes*. — The importance of Salonica von *Rubicon*. — Roumania and the West von *N. Jorga*. — New political boundaries in Europe: Alsace-Lorraine von *Thomas Holdich*. — The future status of Bohemia von *Thomas G. Masaryk*. — In Florenz gibt Professor *Sebastiano Crino* ebenfalls seit Beginn des Jahres 1917 eine Halbmonatsschrift *„Rivista di Geografica Didattica"* heraus, die als Ergänzung der Rivista Geografica Italiana besonders Kulturgeographie und die verschiedenen Gebiete des geographischen Unterrichts pflegen will. — Die am 1. April 1916 in Casablanca unter dem Vorsitz des Generals *Lyautey* begründete Société de Géographie du Maroc gibt ein Bulletin heraus, das hauptsächlich Arbeiten über Marokko veröffentlicht.

Die Zukunft der internationalen Erdmessung. Die Kommission für die Internationale Erdmessung hat kürzlich drei Mitglieder durch den Tod verloren, nämlich ihren Präsidenten General *Bassot*, ihren Vizepräsidenten Dr. *Backlund* und den Direktor ihres Zentralbureaus Prof. *Helmert*, so daß Prof. *H. G. v. de Sande Bakhuyzen* als einziges Mitglied des Komitees die Geschäfte weiter geführt hat. In der Julinummer 1917 der Zeitschrift *Observatory* hat dieser Gelehrte der Hoffnung Ausdruck gegeben, daß möglichst bald nach Beendigung des Krieges eine Versammlung der Delegierten aller Staaten stattfinden möge, die sich bisher an diesem großen Kulturwerk beteiligt hätten, um dessen Fortsetzung sicherzustellen. Diese Auffassung findet eine scharfe Zurückweisung in dem Organ der Royal Geographical Society zu London, das sich zum Sprachrohr aller Geodäten der Entente aufwirft. Ein solcher Versuch müsse fehlschlagen, weil es in Zukunft unter keinen Umständen möglich sein könne, wissenschaftliche Beziehungen zu dem Preußischen Geodätischen Institut in Potsdam oder Verkehr mit irgendeinem Vertreter der Zentralmächte zu unterhalten. Der Tod habe Prof. *Helmert*, dessen persönliche Liebenswürdigkeit und wissenschaftliche Autorität in allen Fragen der theoretischen Geodäsie gern anerkannt worden sei, den persönlichen Schmerz erspart, zu sehen, wie unwiderbringlich sein deutsches Vaterland für alle Zukunft die Möglichkeit zerstört habe, wissenschaftliche Beziehungen zu den Ländern der Entente zu pflegen. *O. B.*

Nordamerika, Nordeuropa und der Golfstrom in der elfjährigen Klimaperiode lautet das Thema, das *L. Mecking*-Kiel zum Gegenstand einer eingehenden Bearbeitung gemacht hat (Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie *XXXXVI.* 1918, S. 1—19). — Die Untersuchungen von *F. G. Hahn, Fritz, Mielke* und insbesondere von *W. Köppen* über den Einfluß der etwa elfjährigen Sonnenfleckenperiode auf das Klima haben zu dem für die Erde im ganzen gültigen sog. Köppenschen Gesetz geführt: Fleckenmaximum kalt, Fleckenminimum warm. *L. Mecking* sucht nun regionale wie auch jahreszeitliche Verschiedenheiten in der Wirkung der Sonnenfleckenperiode festzustellen und gelangt dabei zu sehr wesentlichen Ergebnissen.

Die Untersuchung dehnt sich auf Nordamerika von 40°—60° N. Br., das westliche Nordeuropa von 40° bis 80° N. Br. und das der europäischen Küste dieser Breiten benachbarte Meer aus. Für das im Herzen Nordamerikas auf 50° N. Br. gelegene Winnipeg ist eine Temperaturreihe aus den Jahren 1872—1913 vorhanden, die schon im Jahresmittel den Einfluß der Sonnenfleckenperiode ganz besonders ausgeprägt zeigt, und zwar im Sinne des Köppenschen Gesetzes. Diese Erscheinung tritt noch markanter bei Übereinanderlagerung der Perioden und Berechnung des Periodenganges der Jahresmitteltemperatur hervor.

Periodengang der Jahrestemperatur von Winnipeg und Spätwintertemperatur von London.

Normalperiode der Flecken	Min.					Max.						Min.	Perioden-
Jahr:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	effekt
Winnipeg (Jahr)	$2{,}6^0$	$1{,}6^0$	$0{,}8^0$	$0{,}4^0$	$0{,}1^0$	$0{,}0^0$	$0{,}2^0$	$0{,}4^0$	$0{,}5^0$	$0{,}6^0$	$1{,}6^0$	$2{,}6^0$	$2{,}6^0$
London (Febr.-März)	$4{,}7^0$	$4{,}5^0$	$4{,}6^0$	$5{,}3^0$	$5{,}8^0$	$5{,}8^0$	$5{,}8^0$	$5{,}4^0$	$4{,}8^0$	$4{,}6^0$	$4{,}7^0$	$4{,}7^0$	$-1{,}3^0$

Die Schwankung der ausgeglichenen Reihe im Verlaufe der Sonnenfleckenperiode beträgt $2{,}6^0$! Die Größe dieser Schwankung oder des *Periodeneffektes*, wie *Mecking die Differenz zwischen den Temperaturmitteln der jeweils betrachteten Zeiträume der Fleckenmaximum- und der -minimumepoche* nennt, zeigt einen ausgeprägten jahreszeitlichen Gang. Ist der Periodeneffekt im Juli—September nur $0{,}2^0$, so werden in den beiden Monaten Dezember—Januar aber $3{,}4^0$ erreicht, für den Dezember allein ist $10{,}4^0$ (!) das Mittel. Dies ist ein außerordentlich hoher Wert, er wird in Einzeljahren noch weit übertroffen; z. B. war die Dezembertemperatur im Fleckenmaximaljahr 1871 $-21{,}6^0$, im folgenden Fleckenminimaljahr 1877 $-4{,}2^0$. Die Differenz betrug $17{,}4^0$! Es unterliegt demnach in Winnipeg besonders die Wintertemperatur dem Einfluß der Sonnenfleckenperiode in überraschend ausgeprägter Weise. Die Ausdehnung der Untersuchung auf St.

Louis, Edmonton (etwa 1500 km westlich von Winnipeg), Quebec, Montreal und die Orte Nain und Hebron an der Labradorküste ergab bei allen Orten mit Deutlichkeit den gleichen Sinn der Wirkung auf die Temperaturmittel sowohl der Jahre wie der Jahreszeiten; es handelt sich also um *eine für das nordamerikanische Festland charakteristische Erscheinung.* Bemerkenswert ist dabei, daß der Periodeneffekt mit wachsender Breite zunimmt.

Auf der europäischen Seite des nordatlantischen Ozeans gibt es für London eine lange Temperaturreihe von 1765—1907, in der die elfjährige Temperaturperiode wohl deutlich vorhanden ist, aber in weit geringerer Ausprägung, auch das für die amerikanische Seite festgestellte stärkere Hervortreten der Periode im Winter gilt für London, scheint aber vom Hochwinter auf den Spätwinter oder Vorfrühling verschoben zu sein. *Der auffällige charakteristische Gegensatz zu Nordamerika* aber ist, daß die Temperaturschwankungen den entgegengesetzten Sinn haben, also entgegen dem für die Gesamtzonen gültigen Köppenschen Gesetz den Sonnenfleckenmaximalzeiten warme, den Minimalepochen kalte Jahre entsprechen. Dies tritt am schärfsten bei Vergleich des für die Mitteltemperatur von Februar—März berechneten Periodenganges mit der erwähnten Reihe für Winnipeg hervor. Während in London im Februar—März die Temperatur vom Fleckenminimum zum -maximum von 4,5° auf 5,3° steigt, nimmt das Jahresmittel in Winnipeg von 2,6° auf 0,8° ab (vergl. umstehende Tabelle).

Für die Entstehungsmöglichkeit dieser gegensätzlichen Wirkung der Sonnenfleckenperiode auf die Ost- und Westseite des nordatlantischen Ozeans und des jahreszeitlichen Unterschiedes gibt *Mecking* eine sehr ansprechende Erklärung. Es sei vorausgesetzt, daß parallel mit dem Sonnenfleckenmaximum die bis an die Erdoberfläche gelangende Strahlenmenge ein Minimum erreiche und umgekehrt, so muß zur Zeit eines Fleckenmaximums entsprechend dem Köppenschen Gesetz die Temperatur der Gesamterde sich erniedrigen, und es müssen alle Jahreszeiten eine Neigung zur Annäherung an den Winterzustand bzw. einer schärferen Herausprägung der winterlichen Verhältnisse zeigen. Der Gegensatz zwischen dem Luftdruckminimum bei Island und den umgebenden Gebieten hohen Luftdrucks wird sich dementsprechend verschärfen. Die unmittelbare Folge ist, daß einerseits in Nordamerika in verstärktem Maße kalte Luft aus Nord und Nordwest angezogen, andererseits aber das nordatlantische Wind- und Stromsystem angeregt wird. Dadurch tritt an der atlantischen Seite Europas sowohl auf dem Meere, wie auf dem Lande statt Abkühlung, wie es der für die Erde im ganzen geltenden Regel entsprechen würde, Erwärmung ein. Es ist danach ebenfalls verständlich, daß die Wirkung der Sonnenfleckenperiode auf amerikanischer Seite verhältnismäßig exzessiv, auf europäischer Seite in gemäßigter Form auftritt. In Amerika zeigt sich die Wärmewirkung unmittelbarer, und zwar als Folge des Lufttransportes aus nördlicheren kontinentalen Gebieten und auch wohl von vermehrter Ausstrahlung. In Europa aber dient das Meer als Vermittler, indem durch Anregung der Golfstromzirkulation die Europa benachbarten atlantischen Gewässer höhere Temperaturen aufweisen und damit auch die vom Meer dem Lande zuströmende Luft. Ebenso wird verständlich, daß dieser Gegensatz besonders im Winter ausgebildet ist. Die winterliche Luftdruckverteilung in der Umrahmung des Nordatlantik ist so ausgeprägt, daß sie stärkere Schwankungen verträgt, ohne ihren Charakter zu ändern, was in den übrigen Jahreszeiten in weit geringerem Maße der Fall ist.

Die Ausdehnung der Rechnung auf Stationen der Orkney-Inseln, in Norwegen, Schweden, Spitzbergen ergab Übereinstimmung mit den für London gewonnenen Ergebnissen. Die schwedischen Stationen lassen außerdem ein Anwachsen der Schwankungagröße von Süden nach Norden erkennen. Auch für Finnland hat sich nachweisen lassen, daß mit der Sonnenfleckenperiode Temperaturschwankungen parallel gehen, und zwar auch in dem Sinne, daß Fleckenreichtum mit Wärme verbunden ist.

Eine der wesentlichsten Voraussetzungen für die Richtigkeit der angeführten Erklärung ist, daß die Temperatur des nordöstlichen Atlantik in gleichem Sinne schwankt wie die Lufttemperatur Westeuropas. Das zur Verfügung stehende Material ist naturgemäß sehr lückenhaft, doch ist es durch Ausnutzung aller in der Literatur verstreuten Angaben gelungen, eine gleichsinnige Schwankung in der Temperatur der Meeresoberfläche mit Sicherheit nachzuweisen. Von *J. Petersen* und *Liepe* sind aus dem handschriftlichen Material der Deutschen Seewarte für eine Anzahl Stationen des nordatlantischen Ozeans die mittleren monatlichen Wassertemperaturen für einen 20-jährigen Zeitraum ermittelt worden. Aus diesen Werten ergibt sich, daß die Wassertemperaturen am Eingang des Englischen Kanals und der Biscaya-See der Sonnenfleckenperiode unterliegen, und zwar sowohl im Sommer wie ganz besonders im Spätwinter (Februar bis April). Die mittlere Schwankungsgröße ist dann 0,2°. Gar nicht tritt die Periode im Frühwinter (Oktober bis Dezember) hervor. Bei Hornsriff und auch bei Thorshavn auf den Farör treten die gleichen Erscheinungen auf, ebenfalls an der norwegischen Küste von 60—70° N. Br., und zwar wächst hier die Schwankungsgröße mit zunehmender Breite, wie es für die Lufttemperatur Schwedens bereits erwähnt ist. Der Periodeneffekt für die Jahresmittel der Wassertemperaturen der norwegischen Küstenstationen beträgt in 60° N. Br. 0,3°, in 63° N. Br. 0,6° und in 69° N. Br. 0,7°. Zahlreiche aus der Literatur zusammengesuchte Einzelbeobachtungen aus der Gegend der Bäreninsel und Spitzbergens passen gut zu den geschilderten Temperaturschwankungen, ebenso die Tatsache, daß die Eisgrenze im Barents-Meer in den Zeiten vermehrter Sonnenflecken nördlicher verläuft als in fleckenarmen Jahren, und zwar im Juni durchschnittlich um 1½°, im Juli um 1°.

Zu den zahlreichen klimatischen Gegensätzen zwischen Ost und West des nordatlantischen Ozeans nördlich 40° N. Br. hat sich hier demnach ein neuer gesellt. Gehen wir einem Sonnenfleckenmaximum entgegen, so hat Amerika mit kälteren, Westeuropa aber mit wärmeren Zeiten zu rechnen; dies ist eine mit so großer Regelmäßigkeit auftretende Erscheinung, daß *Mecking* dafür den anschaulichen Ausdruck „nordatlantische Wärmeschaukel" geprägt hat.

Bruno Schulz.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9
Verlag von Julius Springer in Berlin W. 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.